

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Jean-Luc MARTIN, et al.

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HERewith

FOR: DEVICE AND PROCESS FOR SWITCHING AND CONTROLLING AN ELECTRON DOSE EMITTED  
BY A MICRO-EMITTER

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:


<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
France	03 50071	March 27, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland  
Registration Number 21,124

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 28 JAN. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

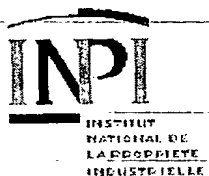
Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

BEST AVAILABLE COPY



# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITE

26bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 Paris Cédex 08  
Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle - livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES: 27.03.2003 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL: 0350071 DÉPARTEMENT DE DÉPÔT: 75 DATE DE DÉPÔT: 27.03.2003	Jean LEHU BREVATOME 3 rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS France
Vos références pour ce dossier: B14296.3 DB	

<b>1 NATURE DE LA DEMANDE</b>			
Demande de brevet			
<b>2 TITRE DE L'INVENTION</b>			
		DISPOSITIF ET PROCÉDE DE COMMANDE ET DE CONTROLE D'UNE DOSE D'ELECTRONS EMISE PAR UN MICRO-EMETTEUR	
<b>3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE</b>		Pays ou organisation	Date N°
<b>4-1 DEMANDEUR</b>			
Nom		COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE	
Rue		31-33 rue de la Fédération	
Code postal et ville		75752 PARIS 15ÈME	
Pays		France	
Nationalité		France	
Forme juridique		Etablissement de caractère Scientifique Technique et Industriel	
<b>5A MANDATAIRE</b>			
Nom		LEHU	
Prénom		Jean	
Qualité		Liste spéciale: S/002, Pouvoir général: 7068	
Cabinet ou Société		BREVATOME	
Rue		3 rue du Docteur Lancereaux	
Code postal et ville		75008 PARIS	
N° de téléphone		01 53 83 94 00	
N° de télécopie		01 45 63 83 33	
Courrier électronique		brevets.patents@brevalex.com	
<b>6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS</b>		Fichier électronique	Pages
Texte du brevet		texte brevet.pdf	34
Dessins		dessins.pdf	7
Pouvoir général		Détails	
		D 28, R 5, AB 1	
		page 7, figures 20, Abrégé:	
		page 2, Fig.4	

BEST AVAILABLE COPY

BEST AVAILABLE COPY

<b>7 MODE DE PAIEMENT</b>				
Mode de paiement		Prélèvement du compte courant		
Numéro du compte client		024		
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>				
Etablissement immédiat				
<b>9 REDEVANCES JOINTES</b>				
	Devise	Taux	Quantité	Montant à payer
062 Dépôt	EURO	0.00	0.00	0.00
063 Rapport de recherche (R.R.)	EURO	320.00	1.00	320.00
Total à acquitter	EURO			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Signé par

Signataire: FR, Brevatome, J.Lehu

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)



## BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

### Réception électronique de la soumission

Il est certifié par la présente qu'une demande de brevet (ou de certificat d'utilité) a été reçue par le biais du dépôt électronique sécurisé de l'INPI. Après réception, un numéro d'enregistrement et une date de réception ont été attribués automatiquement.

Demande de brevet: X

Demande de CU:

<b>DATE DE RECEPTION</b>	27 mars 2003	
<b>TYPE DE DEPOT</b>	INPI (PARIS) - Dépôt électronique	Dépôt en ligne: X Dépôt sur support CD:
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUE PAR L'INPI</b>	0350071	
<b>Vos références pour ce dossier</b>	B14296.3 DB	

**DEMANDEUR**

Nom ou dénomination sociale	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
Nombre de demandeur	1
Pays	FR

**TITRE DE L'INVENTION**

DISPOSITIF ET PROCEDE DE COMMANDE ET DE CONTROLE D'UNE DOSE D'ELECTRONS EMISE PAR UN MICRO-EMETTEUR

**DOCUMENTS ENVOYES**

pkgheader.xml	Requetefr.PDF	indication-bio-deposit.xml
package-data.xml	ValidLog.PDF	fee-sheet.xml
FR-office-specific-info.xml	Comment.PDF	textebrevet.pdf
dessins.pdf	application-body.xml	request.xml

**EFFECTUE PAR**

Effectué par:	J.Lehu
Date et heure de réception électronique:	27 mars 2003 14:41:02
Empreinte officielle du dépôt	E6:DE:B6:92:65:26:E6:6E:82:80:53:7B:2F:15:25:22:A4:1B:45:8E

/ PARIS, Section Dépôt /

BEST AVAILABLE COPY

SIEGE SOCIAL  
INSTITUT 26 bis, rue de Saint Petersburg  
NATIONAL DE 75800 PARIS cedex 08  
LA PROPRIETE Téléphone : 01 53 04 53 04  
INDUSTRIELLE Télécopie : 01 42 93 59 30

BEST AVAILABLE COPY

1

**DISPOSITIF ET PROCEDE DE COMMANDE ET DE CONTROLE D'UNE  
DOSE D'ELECTRONS EMISE PAR UN MICRO-EMETTEUR**

**DESCRIPTION**

**5    DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention concerne un dispositif et un procédé de commande et de contrôle d'une dose d'électrons émise par un micro-émetteur, par exemple par une micropointe.

**ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE**

Dans la suite de la description on considérera à titre d'exemple non limitatif des micro-émetteurs de type micropointes.

Le domaine des micropointes, rejoint aujourd'hui par celui des nanotubes, définit un champ d'applications tant dans le domaine des afficheurs FED (« Field Emission Display ») que celui des micro-émetteurs, dans lequel les exigences en terme de commande et de contrôle des flux émis sont très sévères.

Dans le cas de l'émission chaude (diodes, triodes, tubes cathodiques), les électrons acquièrent, par agitation thermique, une énergie suffisante (dénommée « travail de sortie ») pour parvenir au-dessus de la barrière de potentiel, qui les retient aux noyaux. Ils se dirigent alors vers la surface du matériau et, s'il existe un champ électrique qui les



BEST AVAILABLE COPY

attire, ils peuvent être extraits de ce matériau. A la température ordinaire l'énergie d'agitation thermique est insuffisante pour que les électrons sortent du matériau.

5 Dans le cas de l'émission froide, qui est basée sur le principe d'un contrôle par effet de champ dans une enceinte sous vide, un effet tunnel permet aux électrons d'être extraits de l'émetteur (cathode) dans le vide, puis d'être collectés sur une anode. Les  
10 émetteurs travaillant en émission froide sont considérés comme des sources de courant commandées en tension, le flux d'électrons émis obéissant aux équations de Fowler-Nordheim.

C'est par exemple le cas d'une micropointe  
15 10 en Tungstène, utilisée en émetteur d'électrons. Son schéma électrique est représenté sur la figure 1A. Un flux d'électrons s'établit entre l'anode 11 et la cathode 12. Une tension de contrôle est appliquée entre la grille d'extraction 13, dénommée « gate », et la  
20 cathode 12. La figure 1B présente le symbole comportemental d'une telle micropointe 10 utilisable avec un simulateur électrique générique (type « Spice »).

Le régime d'émission d'une telle  
25 micropointe 10 se caractérise par une forte non-linéarité du courant d'émission  $I_{tip}$  en fonction de la tension appliquée sur la grille d'extraction 13. Le courant de pointe  $I_{tip}$  répond à la loi :

30 
$$I_{tip} = a_{fn} V^2 \exp \frac{-b_{fn}}{V_{gc}}$$

Les coefficients  $a_{fn}$  et  $b_{fn}$  dépendent des caractéristiques géométriques de la micropointe. Une telle caractéristique courant-tension est illustrée sur

la figure 2. Un exemple de point de fonctionnement ( $I_{tip}=I_{on}$  pour  $V_{gate-cathode}=V_{on}$ ) est représenté sur cette figure. La caractéristique idéale est référencée 14.

Dans la réalité, une telle caractéristique n'est pas reproductible d'une micropointe à une autre. On obtient ainsi des courbes 15 représentées en pointillé.

L'un des inconvénients de l'émission froide est donc de révéler une certaine instabilité dans la valeur du courant, ce qui équivaut à un bruit qui est engendré par des fluctuations du travail de sortie inhérentes à des contaminations de surface locales. Ces fluctuations sont variables d'une micropointe à une autre et sont également variables dans le temps, pour une même micropointe.

Deux types de commande de la micropointe sont possibles :

- une commande en courant par un dispositif de régulation de courant : une telle possibilité est utilisée dans les FED (« Field emission display ») via un transistor simple ou « multigate » situé en série dans le circuit de la cathode, comme décrit dans les documents référencés [1] et [2] en fin de description. Le courant émis par chaque micropointe peut théoriquement être programmé. Il est indépendant de la qualité et des caractéristiques de chaque micropointe. D'une micropointe à une autre, ou dans le temps, c'est la tension  $V_{gc}$  qui est modulée. Un des défauts d'une

BEST AVAILABLE COPY

telle—commande est de mixer au niveau du circuit de commande—et de contrôle du transistor une tension basse (LV) et une tension haute (HV), parce que l'électrode d'extraction doit être portée à quelques dizaines de  
5 volts. L'affichage visuel s'accommode de la précision et de la fréquence de fonctionnement limitées de ce type de commande.

- une commande en tension : si l'on n'y  
10 prend garde, c'est le courant d'émission qui est modulé, ce qui peut être inacceptable pour certaines applications. Dans la mesure où l'excursion en courant est connue, notamment les extremums, et où la quantité à contrôler est la charge électrique, une telle  
15 solution est satisfaisante lorsqu'elle est conjuguée à une fenêtre temporelle d'observation variable,  $T_{nom}$ .

$$Q = I_{nom} * T_{nom} = 2I_{nom} * \frac{T_{nom}}{2} = \frac{I_{nom}}{2} * 2T_{nom}$$

20 Le dispositif de l'invention est un circuit de ce type, qui est naturellement plus rapide et dont les défauts de linéarité constatés sont corrigés, les circuits HV de pilotage de grille d'extraction étant indépendants des circuits LV de contrôle de la charge  
25 électrique, ce qui simplifie la mise en œuvre du circuit et diminue la sensibilité aux bruits.

Plusieurs solutions sont donc possibles pour mesurer la quantité d'électrons émise par une micropointe. Dans certains cas, comme illustré sur les  
30 figures 3A et 3B, il est possible de travailler en

BEST AVAILABLE COPY

5

régulation de courant. L'émission pendant un certain temps d'un courant calibré (générateur 16) permet de délimiter une charge électrique selon la loi  $Q=I.t$ . Un

tel système de régulation de courant comprend un  
5 élément sensible de détection du courant de pointe 17, un élément de contrôle du courant de référence 18 et un élément de réglage du courant 19. Ce système peut fonctionner :

- En boucle ouverte dans le cas d'une  
10 calibration séquentielle, puis de la programmation d'un certain nombre de mesures avec une même référence comme illustré sur la figure 3A.

- En boucle fermée dans le cas d'un  
asservissement du courant en temps réel comme illustré  
15 la figure 3B, et comme décrit dans le document référencé [3].

Dans la réalisation illustrée sur la figure 3A, le cahier des charges du système doit permettre de laisser persister séquentiellement des instants  
20 nécessaires pour réaliser les calibrations. Une telle réalisation ne permet pas de corriger des imperfections du faisceau électronique dont la fréquence de récurrence est supérieure à la fréquence de rafraîchissement des calibrations.

25 Dans la réalisation illustrée sur la figure 3B, la stabilité de la bouche de contre-réaction est essentielle et doit être garantie le plus souvent au prix d'une compensation active de la bande passante du système bouclé, et donc au détriment de ses  
30 performances en vitesse.

BEST AVAILABLE COPY

6

Les exigences en terme de vitesse, de stabilité, de bruit, et de linéarité ne permettent pas, dans de nombreuses applications d'utiliser de telles réalisations.

5 Une méthode globale pour effectuer un contrôle de faibles charges électriques consiste, moyennant l'utilisation de quelques variables d'entrée de configuration, à définir la quantité de charges voulue, à interrompre le faisceau d'électrons lorsque  
10 une telle dose voulue a été atteinte (« dose control »). Dans ce cas la quantité de charges électriques est définie a priori. Le dispositif permettant un tel contrôle doit fonctionner sur une dynamique de courant de pointe, englobant notamment les  
15 fluctuations du courant dans le temps pour une même micropointe. Une telle méthode autorise théoriquement une très bonne linéarité. Toutefois, l'utilisation de modules fonctionnels réels et l'exigence d'un fonctionnement en haute fréquence se traduit par de  
20 fortes non linéarités de la charge électrique contrôlée en fonction du régime de courant.

Un document de l'art connu, référencé [4] en fin de description, décrit un réseau bidimensionnel  
25 de cathodes miniatures utilisées comme des émetteurs de faisceaux d'électrons, qui sont adressables numériquement. Ce réseau comprend une focalisation électronique interne pour chaque émetteur, un circuit de contrôle de dose d'électrons en boucle fermée  
30 permettant de piloter chaque émetteur en contrôlant précisément le débit d'électrons. Un tel circuit de

BEST AVAILABLE COPY

contrôle de dose, connecté à un émetteur, permet  
d'obtenir une dose, délivrée pendant chaque cycle  
d'écriture, adaptée malgré des effets de désadaptation

émetteur-à-émetteur, de température et de  
5 vieillissement. Ce circuit de contrôle permet de  
terminer l'émission à une dose fixée et non à un temps  
fixé. C'est un composant intégré et connecté à  
l'émetteur.

Mais un tel circuit de contrôle est source  
10 de non-linéarités. Il ne permet pas non plus, pour un  
arrangement linéaire ou bidimensionnel de micropointes,  
de compenser les dispersions de doses émises dues aux  
dispersions de courant inhérentes aux micropointes.

L'invention a pour objet de compenser de  
15 telles non linéarités, de manière à rendre le  
dispositif de commande linéaire et utilisable, et  
d'apporter des solutions spécifiques pour des  
dispositifs linéaires ou bidimensionnels.

## 20 EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention concerne un dispositif de  
commande et de contrôle d'une dose d'électrons émise  
par un micro-émetteur, par exemple une micropointe,  
caractérisé en ce qu'il comporte :

- 25 - un module senseur qui reçoit le courant  
fourni par le micro-émetteur ainsi qu'une tension pour  
ajuster le point de polarisation dudit dispositif,  
- un module comparateur qui reçoit le  
signal de sortie dudit module senseur ainsi qu'une  
30 tension de seuil permettant le réglage de la quantité  
d'électrons à émettre,

BEST AVAILABLE COPY

8

- un module logique qui reçoit le signal de sortie du module comparateur, ainsi qu'un signal de démarrage pour initialiser l'émission électronique, et un signal logique pour définir si le micro-émetteur  
5 doit ou non émettre,

- un module de commande qui reçoit le signal de sortie dudit module logique qui élabore les tensions nécessaires à l'initialisation et à l'extinction de l'impulsion de courant du micro-  
10 émetteur,

- des moyens de variation de la tension de seuil tels que, pendant l'émission d'électrons, la somme  $S = N_{\text{start}} + N_{\text{measure}} + N_{\text{off}}$  reste constante,  $N_{\text{start}}$  étant le nombre d'électrons du temps d'initialisation  
15 de l'impulsion de courant,  $N_{\text{measure}}$  étant le nombre d'électrons du temps de mesure de cette impulsion de courant,  $N_{\text{off}}$  étant le nombre d'électrons du temps d'extinction de cette impulsion de courant.

Dans un premier exemple de réalisation, le  
20 dispositif de l'invention comprend des moyens de modulation dans le temps de la tension de seuil à partir du signal d'initialisation de manière à programmer un contrôle de dose variable dans le temps tel que l'excès d'électrons émis pendant les temps  
25 d'initialisation et d'extinction soit strictement compensé par une diminution au cours du temps de la dose programmée.

Dans un second mode de réalisation le dispositif de l'invention comprend, en outre :

30 - un module de détection du courant de micro-émetteur, qui est capable de reproduire

BEST AVAILABLE COPY

exactement le courant de pointe  $I_{tip}$  ou d'introduire un gain sur le courant,

- un module de génération de tension variable qui délivre en sortie une tension de consigne
- 5  $V2 = f(I_{tip})$ .

L'invention concerne également un dispositif linéaire ou matriciel de commande et de contrôle de doses d'électrons émises par un ensemble de

10 micro-émetteurs, caractérisé en ce qu'il comporte, pour chaque micro-émetteur :

- un module senseur, qui reçoit le courant fourni par le micro-émetteur ainsi qu'une tension pour ajuster le point de polarisation,
- 15
- un module comparateur qui reçoit le signal de sortie dudit module senseur ainsi qu'une tension de seuil permettant le réglage de la quantité d'électrons à émettre,
- 20
- un module logique qui reçoit le signal de sortie du module comparateur, ainsi qu'un signal de démarrage pour initialiser l'émission électronique, et un signal logique pour définir si le micro-émetteur doit ou non émettre,
- 25
- un module de commande qui reçoit le signal de sortie dudit module logique qui élabore les tensions nécessaires à l'initialisation et à l'extinction de l'impulsion de courant du micro-émetteur,
- 30
- des moyens de variation de la tension de seuil tels que, pendant l'émission d'électrons, la somme  $S = N_{start} + N_{measure} + N_{off}$  reste sensiblement



BEST AVAILABLE COPY

10

constante,  $N_{start}$  étant le nombre d'électrons du temps  
d'initialisation de l'impulsion de courant,  $N_{measure}$   
étant le nombre d'électrons du temps de mesure de cette  
impulsion de courant,  $N_{off}$  étant le nombre d'électrons  
5 du temps d'extinction de cette impulsion de courant

L'invention concerne également un procédé  
de commande et de contrôle d'une dose d'électrons émise  
par un micro-émetteur comportant

10 - une étape de conversion du courant fourni  
par le micro-émetteur et d'ajustement du point de  
polarisation de fonctionnement,

- une étape de comparaison du signal obtenu  
en sortie de l'étape précédente à une tension de seuil  
15 permettant le réglage de la quantité d'électrons à  
émettre,

- une étape logique, pour initialiser  
l'émission électronique, et pour définir si le micro-  
émetteur doit ou non émettre,

20 - une étape de commande qui élabore les  
tensions nécessaires à l'initialisation et à  
l'extinction de l'impulsion de courant du micro-  
émetteur,

caractérisé en ce qu'il comprend une étape  
25 de variation de la tension de seuil telle que, pendant  
l'émission d'électrons, la somme  $S = N_{start} + N_{measure} + N_{off}$   
reste constante,  $N_{start}$  étant le nombre d'électrons du  
temps d'initialisation de l'impulsion de courant,  
 $N_{measure}$  étant le nombre d'électrons du temps de mesure  
30 de cette impulsion de courant,  $N_{off}$  étant le nombre

DEST AVAILABLE COPY

11

d'électrons du temps d'extinction de cette impulsion de  
courant.

- Une telle invention présente un large champ
- 5 d'application :
- émission électronique par cathode froide,
  - commande et contrôle de faibles charges
- électriques,
- compensation d'erreurs de mesures de
- 10 charges,
- haute fréquence de fonctionnement,
  - solution compatible avec des circuits
- intégrés spécifiques (ASIC).

15 **BREVE DESCRIPTION DES DESSINS**

Les figures 1A et 1B illustrent  
respectivement le schéma électrique, et le symbole  
comportemental d'une micropointe,

20 la figure 2 illustre les caractéristiques  
courant-tension d'une micropointe.

les figures 3A et 3B illustrent  
respectivement un système de régulation du courant  
d'une micropointe en boucle ouverte et en boucle

25 fermée,

la figure 4 illustre un dispositif de  
commande et de contrôle d'une dose d'électrons émise  
par une micropointe,

la figure 5 illustre le module senseur du

30 dispositif de la figure 4,

~~BEST AVAILABLE COPY~~

la figure 6 illustre le module comparateur du dispositif de la figure 4,

les figures 7A et 7B sont des chronogrammes illustrant le fonctionnement du dispositif de la figure 4,

la figure 8 illustre une matérialisation de l'erreur sur le nombre d'électrons programmés,

la figure 9 illustre une compensation de l'erreur sur le nombre d'électrons programmés par seuil variable,

la figure 10 illustre la décomposition d'une impulsion de courant en temps élémentaires,

la figure 11 illustre une décomposition simplifiée par rapport à celle illustré sur la figure 10,

la figure 12 illustre la répartition des doses pendant les différents temps élémentaires,

les figures 13A et 13B illustrent des courbes donnant le nombre d'électrons relatifs par rapport au courant de pointe respectivement sans utiliser de compensation et en utilisant une compensation active sur le courant,

la figure 14 illustre un exemple de compensation temporelle selon l'invention,

les figures 15 et 16 illustrent un schéma simplifié de compensation en fonction du courant de pointe selon l'invention.

#### EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Le dispositif de commande et de contrôle d'une dose d'électrons émise par un micro-émetteur,

BEST AVAILABLE COPY

13

illustré sur la figure 4, est constitué d'une micropointe 10, avec une anode 11, une cathode 12, et une grille d'extraction 13, capable de fournir un

5 courant lorsque la tension de la grille d'extraction 13 par rapport à la cathode 12 devient supérieure à la tension d'extraction dans le vide. Des capacités parasites 20 et 21 sont inhérentes à la fabrication d'une telle micropointe 10 en microtechnologie.

Ce dispositif comporte :

10 - un module senseur 30 qui réalise une conversion électrons-tension, et qui reçoit le courant  $I_c$  fourni par cette micropointe 10 ainsi qu'une tension  $V_1$  pour ajuster le point de polarisation dudit dispositif, la sensibilité d'un module  $\mathcal{R}$  pouvant  
15 s'exprimer en volts/électrons,

- un module comparateur 31 qui reçoit le signal de sortie  $V_{se}$  dudit module senseur 30 ainsi qu'une tension de seuil  $V_2$  permettant le réglage de la quantité d'électrons à émettre, et qui délivre un  
20 signal de détection de charge suffisante  $V_{com}$ ,

- un module logique 32 qui reçoit ce signal  $V_{com}$ , ainsi qu'un signal de démarrage Start pour initialiser l'émission électronique, et un signal logique data pour définir si la micropointe doit ou non  
25 émettre,

- un module de commande 33 qui reçoit le signal de sortie dudit module logique 32 ainsi que des signaux  $V_{g-on}$  et  $V_{g-off}$ , qui élabore les tensions nécessaires à l'initialisation et à l'extinction de  
30 l'impulsion de courant de la micropointe (plusieurs dizaines de volts).

BEST AVAILABLE COPY

14

\_\_\_\_\_ Ce dispositif est en effet applicable à un  
\_\_\_\_\_ arrangement de plusieurs micropointes soit sous la  
\_\_\_\_\_ forme d'un arrangement linéaire (barette), soit sous la  
\_\_\_\_\_ forme d'un arrangement bi-dimensionnel (matrice).

5 Toutes les combinaisons d'arrangements sont également  
possibles. Ce dispositif peut être réalisé en  
technologie spécifique haute-tension, et permettre de  
contrôler les doses d'électrons émis avec des cadences  
élevées..

10

On va à présent analyser chacun de ces  
modules 30, 31, 32 et 33.

#### Module senseur 30

15 Le rôle de ce module 30 est de traiter  
l'information de base disponible sur la micropointe 10  
et de la convertir en une grandeur qui puisse être  
comparée à une grandeur d'entrée, afin de prendre une  
décision sur le nombre N d'électrons émis.

20 Ce module peut être avantageusement  
constitué d'un amplificateur CTIA (« capacitive  
transimpédance amplifier ») qui réalise une conversion  
courant-tension. La variable d'entrée est alors le  
courant cathode de la micropointe  $I_c$ . Cet amplificateur  
25 se caractérise par son gain de conversion  $\mathcal{R}$  qui  
s'exprime en Volt/e<sup>-</sup>. Il est constitué d'un  
amplificateur 35, d'un condensateur de contre-réaction  
( $C_{fb}$ ) 36, et d'un dispositif de remise à zéro 37. On  
obtient pour l'excursion de sortie  $\Delta V_s$  du module  
30 senseur :

$$\mu V_s = \frac{-I_c * T_{int}}{C_{fb}} = \frac{N * q_e}{C_{fb}} = N \mathfrak{R}$$

Une telle solution est avantageuse par rapport à une solution réalisant une intégration  
 5 directe sur la capacité de micropointe pour plusieurs raisons :

- Elle n'est pas sensible, en ce qui concerne le signal, aux capacités parasites situées en amont.
- 10 - Son gain de conversion peut être fixé de manière précise. Il est défini par la valeur de  $C_{fb}$ . Il peut être, par exemple, de  $23\mu V/e^-$  pour  $C_{fb} = 7fF$ .
- Le point de polarisation de la cathode est fixé par la variable externe  $V1$

15

#### Module comparateur 31

Ce module 31 reçoit sur ses entrées deux tensions analogiques :

- la tension  $V_{se}$  de sortie du module senseur  
 20 30,
- la tension de commande  $V2$  qui fixe la valeur du seuil de comparaison.

Ce module comprend un amplificateur 40 en boucle ouverte dont le niveau de sortie comporte deux  
 25 états ( $VDD$  et  $VSS$ ) équivalents à deux états logiques en fonction des tensions d'entrée :

- Tant que  $V_{se} > V2$ , la sortie logique  $V_{com}$  reste à « 1 ».
- Lorsque  $V_{se} = V2$ , la sortie logique  $V_{com}$   
 30 commute et vient se positionner au « 0 » logique.

BEST AVAILABLE COPY

16

Module logique 32

Ce module 32 a plusieurs fonctions de séquençement et de génération de signaux internes. Il a  
5 pour rôle :

- de maintenir (« latch ») la prise de décision  $V_{com}$  obtenue en sortie du module comparateur 31 jusqu'à l'arrivée d'un signal de remise à zéro.
- de générer des phases non-recouvrantes  
10 utiles pour la remise à zéro du module senseur 30 et du module de commande 33.

Ce module est initialisé par un signal de démarrage start en début de séquence, et obéit au signal data, de la manière illustrée par la table  
15 suivante :

Data	Action
1	Emission de la micropointe
0	Pas d'émission de la micropointe

20 Module de commande 33

Ce module 33 a la charge d'établir la tension de grille d'extraction nécessaire à l'émission par la micropointe du courant désiré de manière synchrone avec l'apparition du signal start. Lorsque la  
25 dose d'électrons émis a été atteinte (signal de décision  $V_{com}$  émis par le module comparateur 31). Ce module 33 coupe le flux en amenant la tension de grille d'extraction à un niveau tel que le courant

électronique est diminué de plusieurs décades. Ces valeurs d'allumage et d'extinction dépendent de la transconductance de la micropointe et de son modèle

géométrique. Les tensions de pilotage peuvent être commutées de 20V à 50V environ, ce qui nécessite alors l'usage d'une technologie spécifique haute tension (HVCMOS). La principale fonction de ce module 33 est donc de réaliser la translation de niveau [0-3v] à [20v-50v].

10

Un tel dispositif de commande et de contrôle présente de nombreuses limitations, inhérentes au principe utilisé. En effet, la tension  $V_{se}$  obtenue en sortie du module senseur 30 est proportionnelle au courant de cathode  $I_c$  émis par la micropointe. En considérant  $V1$  comme le niveau de tension d'initialisation, le nombre  $N_e$  d'électrons émis par la micropointe est tel que :

20 
$$N_e = \frac{Q_e}{q} = \frac{(V_{se} - V1)}{\mathfrak{R}} \quad \text{avec} \quad \mathfrak{R} = \frac{q}{C_{fb}}$$

$Q_e$  étant la charge électrique émise et  $q$  la charge de l'électron.

Une charge calibrée  $Q_c$  peut donc être programmée par  $V2$  avec la relation :

25

$$N_c = \frac{Q_c}{q} = \frac{(V2 - V1)}{\mathfrak{R}}$$



BEST AVAILABLE COPY

18

La valeur du seuil de comparaison  $V_2$  fixe la charge électrique programmée. Si tous les modules étaient parfaits, le module senseur 30 transmettrait immédiatement une représentation  $V_{se}$  du courant cathode  $I_c$ , le module comparateur 31 ne présenterait aucun retard, et la commande de grille d'extraction actionnerait instantanément l'établissement ou l'extinction du flux électronique, selon le chronogramme de la figure 7A. Quel que soit alors le niveau du courant électronique, la charge émise serait identique et, comme illustré sur la figure 7B :

- un courant nominal  $I_{c_{nom}}$  serait interrompu au bout d'un temps  $t_{nom}$ .
- un courant  $2 \cdot I_{c_{nom}}$  serait interrompu au bout d'un temps  $t_{nom}/2$ .
- un courant nominal  $0.5 \cdot I_{c_{nom}}$  serait interrompu au bout d'un temps  $2 \cdot t_{nom}$ .

Les aires représentées en grisé dans chacun des trois cas sont égales.

Dans la réalité, la durée globale de l'impulsion de courant n'est pas linéaire en fonction du niveau de courant programmé. En effet, à cause des capacités parasites 20 et 21 évoquées précédemment, une commutation de plusieurs dizaines de volts de la grille d'extraction 13 perturbe transitoirement l'entrée du module senseur 30 dont il faut maintenir la polarisation pour éviter toute saturation de celui-ci. Une telle saturation nécessiterait alors une constante de temps importante pour un retour à l'équilibre et ne permettrait pas un fonctionnement en haute fréquence. Pendant ce temps de maintien de la polarisation du

AVAILABLE COPY

module senseur 30 à l'établissement du flux électronique, des charges électroniques sont déjà émises et sont à comptabiliser dans le bilan global des charges émises, bien qu'on ne puisse pas les mesurer car elles dépendent du niveau de courant qui n'est pas connu d'emblée. Un tel phénomène est une première source de non-linéarités.

Un autre phénomène se produit à l'extinction du faisceau électronique, lorsque  $V_{se}$  atteint  $V_2$ . Le module comparateur 31 présente un retard à la prise de décision inhérent à tout module électronique. Pendant ce retard, la micropointe 10 continue d'émettre et il existe donc une charge d'extinction additionnelle qui s'ajoute dans le bilan global des charges émises. La figure 8, qui représente une matérialisation de l'erreur sur le nombre  $N$  d'électrons programmés, illustre un tel phénomène. Si l'on trace, en fonction du temps, le nombre d'électrons émis par rapport au nombre d'électrons programmés, à retard constant on constate une erreur sur le nombre d'électrons émis qui dépend du niveau de courant. Sur cette figure la courbe 45 correspond à  $2 \cdot I_{inom}$ , la courbe 46 correspond à  $I_{inom}$  et la courbe 47 à  $I_{inom}/2$ , la courbe 48 correspond au nombre d'électrons émis. Il y a donc un dépassement (« overshoot ») sur la charge émise par rapport à la charge programmée, ce qui est une seconde source de non-linéarités.

Une première solution pour compenser de telles non-linéarités utilise un seuil de comparaison qui varie en fonction du temps. Il suffit pour cela d'envoyer une rampe 50, ou un « stair-case », sur

BEST AVAILABLE COPY

20

l'entrée V2 du module comparateur 31 comme illustré sur la figure 9.

L'invention a pour objet de compenser de  
5 telles non-linéarités en proposant d'autres méthodes de compensation par contrôle du courant de cathode  $I_c$  et par rétroaction sur la valeur du seuil V2.

En analysant le profil 55 de l'impulsion du courant de la micropointe, il est possible de la  
10 décomposer en une suite de temps élémentaires  $t_1$  à  $t_6$  :

- $t_1$  : temps d'établissement de la tension  $V_{gate} + \text{reset CTIA}$
- $t_2$  : temps de maintien du reset CTIA pour annuler les effets d'injection de charges et les  
15 transitoires,
- $t_3$  : temps de mesure,
- $t_4$  : temps de retard de prise de décision du comparateur,
- $t_5$  : temps de retard dû à la coupure de  
20  $V_{gate}$  (logique),
- $t_6$  : délai pour éteindre le flux d'électrons.

Certains de ces temps élémentaires peuvent être regroupés, pour aboutir au modèle simplifié :

- $t_1+t_2=t_{start}$  : temps d'initialisation  
25 qui s'étend depuis  $t_{début}$  (correspondant au début de l'impulsion) jusqu'à  $t_{début\_contrôle}$  (correspondant au début effectif du contrôle de dose)
- $t_3=t_{measure}$  : temps de mesure  
30 réellement contrôlable qui s'étend depuis  $t_{début\_contrôle}$

BEST AVAILABLE COPY

jusqu'à  $t_{fin\_contrôle}$  (correspondant à la fin du contrôle de la dose)

-  $t_4+t_5+t_6=t_{off}$  : temps d'extinction qui

s'étend depuis  $t_{fin\_contrôle}$  jusqu'à  $t_{fin}$  correspondant à la fin effective de l'émission de dose

Si on considère que le courant atteint sa valeur nominale  $I_{steady\_state}$  rapidement pendant le temps d'initialisation  $t_{start}$  et qu'il se maintient pendant le temps d'extinction  $t_{off}$ , il est donc au premier ordre constant pendant toute la durée de l'impulsion de courant. En effet, au début, le temps d'établissement de  $V_{gate}$  est court, et à la fin, les retards logique et d'extinction de  $V_{gate}$  sont largement dominés par le retard du module comparateur 31 à la prise de décision.

La dose totale émise en nombre d'électrons peut s'exprimer comme :

$$N_{beam} = N_{measure} + \frac{I_{steady-state} * (t_{start} + t_{off})}{q_e}$$

Avec

$$N_{measure} = \frac{(V_2 - V_1)}{\mathfrak{R}} \quad \text{avec } \mathfrak{R} = q_e / C_{tia}$$

La dose d'électrons prévue est fixée par  $N_{measure}$ , mais une dose excédentaire vient s'ajouter en réalité à cause des instants d'initialisation et d'extinction non-nuls. La figure 12 illustre une courbe du nombre d'électrons émis en fonction du régime de courant.

En théorie, comme indiqué précédemment, le nombre d'électrons émis devrait rester le même quel que

soit le courant  $I_{tip}$ , comme illustré par la courbe horizontale 56.

Les courbes 57 et 58 illustrent le nombre d'électrons émis respectivement pendant les temps d'initialisation et d'extinction. Le séquençement peut être tel que les temps  $t_{start}$  et  $t_{off}$  restent constants quel que soit le courant, c'est-à-dire que les électrons émis pendant ces temps  $t_{start}$  et  $t_{off}$  ne dépendent que du régime de courant (fonction affine).

Le nombre d'électrons émis apparaît sur la courbe 59, qui, pour toute valeur de l'abscisse X, représente la somme des courbes 56 + 57 + 58.

L'indication numérique relative obtenue à partir de ces courbes montre une erreur sur le nombre d'électrons émis par rapport à la consigne d'un facteur 1.3 à 2.6 en excès. Ceci n'est pas acceptable pour la précision de contrôle d'émission désirée.

L'objet du dispositif de l'invention est d'être capable d'émettre avec précision un nombre d'électrons programmé quel que soit le régime de courant de la micropointe et d'interrompre le faisceau électronique dès que cette valeur a été atteinte. La somme des électrons émis pendant chacun des temps décrits précédemment doit donc rester constante, i.e que le nombre total d'électrons émis soit linéaire et constant, quelque soit le courant de pointe  $I_{tip}$ .

La loi de variation du nombre d'électrons émis pendant les temps d'initialisation et d'extinction de l'impulsion de courant (fonction affine) est connue. Il est donc possible d'intervenir sur le contrôle du

BEST AVAILABLE COPY

nombre  $N_{\text{measure}}$  d'électrons effectivement mesurés pour que la somme  $S = N_{\text{start}} + N_{\text{measure}} + N_{\text{off}}$  reste constante. On fait donc décroître  $N_{\text{measure}}$  lorsque  $I_{\text{tip}}$  croît.

Pour ce faire on modifie la valeur de la tension de détection de seuil  $V_2$  au cours de l'exposition électronique. La compensation est réalisée sur des quantités d'électrons excédentaires répondant à la loi :

$$\frac{I_{\text{tip}} * t}{q_e}$$

10

Deux types de compensation sont possibles : une compensation temporelle ou une compensation en fonction du courant. Les figures 13A et 13B illustrent respectivement les courbes théorique 60 et mesurés 61 et les courbes théorique 60 et mesurée 61' du nombre d'électrons relatif en fonction du courant de pointe  $I_{\text{tip}}$ , respectivement sans compensation et avec compensation en fonction du courant. La courbe 61' illustre l'amélioration que l'on désire obtenir en utilisant une telle compensation active en fonction du courant.

20

On peut constater sur la figure 13B la stabilité du nombre d'électrons émis en fonction du courant de pointe, bien qu'il subsiste un offset inhérent à la méthode utilisée. En effet le temps dénommé  $t_{\text{measure}}$  ne peut pas être nul car on ne contrôlerait plus rien. Le temps minimal nécessaire au bon fonctionnement de la compensation doit être tel que le bruit ramené par le module senseur 30 reste faible

25

devant le signal traité par ce module (typiquement  
 $N_{\text{offset}}=400$  électrons, soit  $\mu V_{s\_min}=8\text{mv}$ ).

L'invention concerne également un  
 5 dispositif linéaire ou matriciel de commande et de  
 contrôle de doses d'électrons émises par un ensemble de  
 micro-émetteurs, qui comporte, pour chaque micro-  
 émetteur, les différents modules 30, 31, 32 et 33 ainsi  
 que des moyens de variations de la tension de seuil,  
 10 tels que décrits ci-dessus.

### Exemples de réalisation

#### Compensation temporelle

Une telle compensation est illustrée sur la  
 15 figure 14. Elle ne couvre pas tous les besoins. Elle  
 est capable de compenser des disparités entre  
 micropointes, mais pas des fluctuations haute fréquence  
 sur une même micropointe. Elle est cependant utilisable  
 dès lors que l'on est sûr que la fréquence de  
 20 récurrence des fluctuations de courant est inférieure à  
 la fréquence d'apparition des impulsions programmés. La  
 tension de seuil  $V_2$  est modulée dans le temps à partir  
 du signal d'initialisation start de manière à  
 programmer un contrôle de dose variable dans le temps  
 25 tel que l'excès d'électrons émis pendant les phases  
 $t_{\text{start}}$  et  $t_{\text{off}}$  soit strictement compensé par la  
 diminution au cours du temps de la dose programmée.

$$\text{Dose programmée} = N_{\text{prog}} = \frac{|V_2(t) - V_1|}{\mathfrak{R}} \quad \text{avec} \quad \mathfrak{R} = \frac{q_e}{C_{\text{ua}}}$$

Cette variation temporelle est contrôlée  
 30 par le générateur 65.

BEST AVAILABLE COPY

25

Compensation active en fonction du courant

Lorsque la fréquence des fluctuations du courant est telle que celui-ci peut varier pendant un temps d'exposition élémentaire, la correction temporelle précédente n'est plus suffisante. En effet, dans l'expression de bilan du nombre d'électrons émis :

$$N_{e-} = \frac{I_{tip} * T}{q_e}$$

10

Les deux variables  $I_{tip}$  et  $T$  varient simultanément pendant le contrôle. Il n'est donc plus possible de contrôler une des variables tout en mesurant l'autre. Il faut assumer une correction active en fonction du courant.

15

La figure 15 illustre un schéma simplifié de compensation en fonction du courant de pointe. Un module de détection du courant de pointe 67 est capable de reproduire exactement le courant de pointe ou d'introduire un gain (X) sur ce courant, par exemple au moyen d'un miroir de courant. C'est ce courant de sortie qui est mesuré par le module senseur 30. Le courant d'entrée  $I_{tip}$  sert également de référence pour le module de génération de tension variable 68 qui délivre en sortie une tension de consigne  $V2 = f(I_{tip})$ . La décision sur le temps est toujours prise par le module comparateur 31, mais le seuil de décision  $V2$  est indexé sur la valeur instantanée du courant d'émission. On aboutit ainsi à une compensation optimale.

20

25



BEST AVAILABLE COPY

26

Plus précisément, en reprenant les notations de la figure 11, on peut calculer le nombre d'électrons émis dans chacune des phases :

- Phase d'initialisation

$$5 \quad N_{start} = \frac{I^*(t_{début\_contrôle} - t_{début})}{q}$$

- Phase de mesure

$$N_{measure} = \frac{I^*(t_{fin\_contrôle} - t_{début\_contrôle})}{q}$$

10 - Phase d'extinction

$$N_{stop} = \frac{I^*(t_{fin} - t_{fin\_contrôle})}{q}$$

Le nombre d'électrons déposés en trop à compenser en modifiant la tension V2 correspond à

$$N_{start} + N_{stop} = \frac{I}{q} [(t_{début\_contrôle} - t_{début}) + (t_{fin} - t_{fin\_contrôle})] = \frac{I}{q} [t_{start} + t_{off}]$$

15 D'où en fonction de  $\Delta V2$  :

$$N_{start} + N_{stop} = \frac{C * \Delta V2}{q} \text{ soit } \Delta V2 = \frac{I}{C} [t_{start} + t_{off}]$$

La capacité du bloc senseur et les temps  $[t_{start} + t_{off}]$  étant connus, la variation de V2 à programmer est directement proportionnelle à I. La différence de tension à programmer par rapport à Vref (tension à appliquer pour obtenir pendant la phase de mesure la dose souhaitée si Nstart et Nstop n'existaient pas) peut donc être mise en œuvre, par exemple par l'intermédiaire d'une résistance  $R_L$  permettant d'établir une tension  $R_L * I$  avec  $R_L = (t_{start} + t_{off}) / C$ . Dans

20

25

le cas particulier où l'amplificateur CTIA est rechargé à un état haut, cette tension  $R_L \cdot I$  doit être rajoutée à la tension  $V_{ref}$  pour stopper, plus rapidement que dans le cas idéal (sans  $N_{start}$  et  $N_{stop}$ ), l'alimentation de la micropointe et donc son émission.

Le bloc 68 de la figure 15 peut alors par exemple, être réalisé de la manière illustrée sur la figure 16.

Les dimensions des transistors sont choisies pour remplir la fonction spécifiée de façon connue par l'homme du métier.

Un tel mode de réalisation est avantageux dans le sens où il permet de réaliser l'intégralité des fonctions exigées à proximité ou dans le site d'émission des électrons ce qui a pour avantage :

- de compenser les non-uniformités d'émission de micropointes ou de tout autre dispositif individuellement,
- de réaliser ces différentes fonctions dans un circuit intégré spécifique (ASIC ou « Application Specific Integrated Circuit »).
- de participer, en conséquence, à l'amélioration des rendements de fabrication des micropointes et de leur durée de vie,
- de pouvoir accéder ainsi à des grandes tailles d'émetteurs bidimensionnels sans complexifier le nombre d'interfaces périphériques (auto-traitement du signal in-pixel).

~~BEST AVAILABLE COPY~~

28

## REFERENCES

- [1] « Structure optimisation of transistor-based Si  
field emitter arrays » de T. Matsukawa, K. Koge, S.  
5 Kanemaru, H. Tanoue and J. Itoh (TIDW'98, pages 671-  
674, FED 2-4)
- [2] "Active matrix field-emitter arrays for the next-  
generation FEDs" de J. Itoh, S. Kanemaru, T. Matsukawa  
10 (199, SID)
- [3] US 6,392,355 B1
- [4] "Digital electrostatic electrom-beam array  
15 lithography" de L.R. Baylor, D.H. Lowndes, M.L.  
Simpson, C.E. Thomas, M.A Guillorn, V.I. Merkulov, J.H.  
Whealton, E.D. Ellis, D.K. Hensley, A.V. Melechko  
(J.Vac.Sci.Technol. B20(6), Nov-Dec 2002, pages 2646-  
2650)

## REVENDICATIONS

- 1) Dispositif de commande et de contrôle  
d'une dose d'électrons émise par un micro-émetteur,  
5 caractérisé en ce qu'il comporte :
- un module senseur (30), qui reçoit le courant fourni par le micro-émetteur ainsi qu'une tension pour ajuster le point de polarisation dudit dispositif,
  - 10 - un module comparateur (31) qui reçoit le signal de sortie dudit module senseur ainsi qu'une tension de seuil permettant le réglage de la quantité d'électrons à émettre,
  - un module logique (32) qui reçoit le  
15 signal de sortie du module comparateur (31), ainsi qu'un signal de démarrage pour initialiser l'émission électronique, et un signal logique pour définir si le micro-émetteur doit ou non émettre,
  - un module de commande (33) qui reçoit le  
20 signal de sortie dudit module logique qui élabore les tensions nécessaires à l'initialisation et à l'extinction de l'impulsion de courant du micro-émetteur,
  - des moyens de variation de la tension de  
25 seuil tels que, pendant l'émission d'électrons, la somme  $S = N_{start} + N_{measure} + N_{off}$  reste sensiblement constante,  $N_{start}$  étant le nombre d'électrons du temps d'initialisation de l'impulsion de courant,  $N_{measure}$  étant le nombre d'électrons du temps de mesure de cette  
30 impulsion de courant,  $N_{off}$  étant le nombre d'électrons du temps d'extinction de cette impulsion de courant.

2) Dispositif selon la revendication 1, qui comprend des moyens de modulation dans le temps de la tension de seuil ( $V_2$ ) à partir du signal d'initialisation (start) de manière à programmer un contrôle de dose d'électrons variable dans le temps tel que l'excès d'électrons émis pendant les temps d'initialisation ( $t_{start}$ ) et d'extinction ( $t_{off}$ ) soit pour tout ou partie compensé par une diminution au cours du temps de la dose programmée.

3) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, qui comprend :

- un module de détection du courant de micro-émetteur (67), qui est capable de reproduire le courant de pointe  $I_{tip}$  ou d'introduire un gain sur le courant,

- un module de génération, de tension variable (68) qui délivre en sortie une tension de consigne  $V_2 = f(I_{tip})$ .

4) Dispositif linéaire ou matriciel de commande et de contrôle de doses d'électrons émises par un ensemble de micro-émetteurs, caractérisé en ce qu'il comporte, pour chaque micro-émetteur :

- un module senseur (30), qui reçoit le courant fourni par le micro-émetteur ainsi qu'une tension pour ajuster le point de polarisation,

- un module comparateur (31) qui reçoit le signal de sortie dudit module senseur ainsi qu'une

tension de seuil permettant le réglage de la quantité d'électrons à émettre,

- un module logique (32) qui reçoit le signal de sortie du module comparateur (31), ainsi qu'un signal de démarrage pour initialiser l'émission électronique, et un signal logique pour définir si le micro-émetteur doit ou non émettre,

- un module de commande (33) qui reçoit le signal de sortie dudit module logique qui élabore les tensions nécessaires à l'initialisation et à l'extinction de l'impulsion de courant du micro-émetteur,

- des moyens de variation de la tension de seuil tels que, pendant l'émission d'électrons, la somme  $S = N_{\text{start}} + N_{\text{measure}} + N_{\text{off}}$  reste sensiblement constante,  $N_{\text{start}}$  étant le nombre d'électrons du temps d'initialisation de l'impulsion de courant,  $N_{\text{measure}}$  étant le nombre d'électrons du temps de mesure de cette impulsion de courant,  $N_{\text{off}}$  étant le nombre d'électrons du temps d'extinction de cette impulsion de courant.

5) Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque micro-émetteur est une micropointe.

6) Procédé de commande et de contrôle d'une dose d'électrons émise par un micro-émetteur comportant

- une étape de conversion du courant fourni par le micro-émetteur et d'ajustement du point de polarisation de fonctionnement,

BEST AVAILABLE COPY

32

- \_\_\_\_\_ - une étape de comparaison du signal obtenu en sortie de l'étape précédente à une tension de seuil permettant le réglage de la quantité d'électrons à émettre,
- 5                    - une étape logique pour initialiser l'émission électronique, et un signal logique pour définir si le micro-émetteur doit ou non émettre,
- une étape de commande qui élabore les tensions nécessaires à l'initialisation et à
- 10 l'extinction de l'impulsion de courant du micro-émetteur,
- caractérisé en ce qu'il comprend :
- une étape de variation de la tension de seuil ( $V_2$ ) telle que, pendant l'émission d'électrons,
- 15 la somme  $S = N_{\text{start}} + N_{\text{measure}} + N_{\text{off}}$  reste sensiblement constante,  $N_{\text{start}}$  étant le nombre d'électrons du temps d'initialisation de l'impulsion de courant,  $N_{\text{measure}}$  étant le nombre d'électrons du temps de mesure de cette impulsion de courant,  $N_{\text{off}}$  étant le nombre d'électrons
- 20 du temps d'extinction de cette impulsion de courant.

- 7) Procédé selon la revendication 6, qui comprend une étape de modulation dans le temps de la tension de seuil ( $V_2$ ) à partir du signal
- 25 d'initialisation (start) de manière à programmer un contrôle de dose d'électrons variable dans le temps tel que l'excès d'électrons émis pendant les temps d'initialisation ( $t_{\text{start}}$ ) et d'extinction ( $t_{\text{off}}$ ) soit pour tout ou partie compensé par une diminution au cours du
- 30 temps de la dose programmée.

BEST AVAILABLE COPY

33

~~8)~~ Procédé selon la revendication 6, qui comprend :

- une étape de détection du courant de pointe, pour reproduire le courant de pointe  $I_{tip}$  ou
- 5 d'introduire un gain sur le courant,
  - une étape de génération de tension variable (68) qui délivre en sortie une tension de consigne  $V2 = f(I_{tip})$ .



BEST AVAILABLE COPY

1 / 7

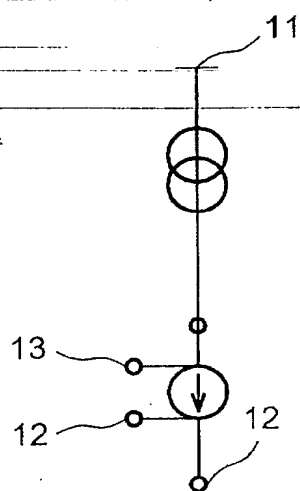


FIG. 1A

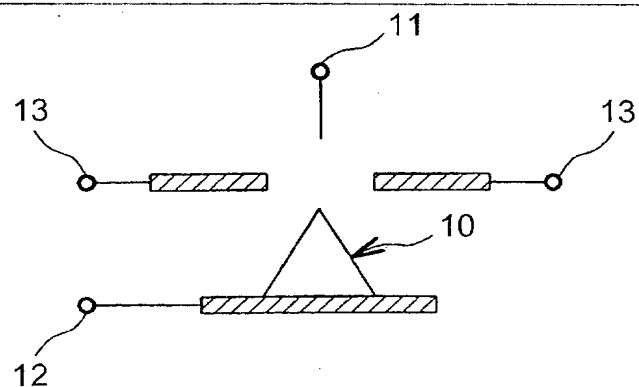
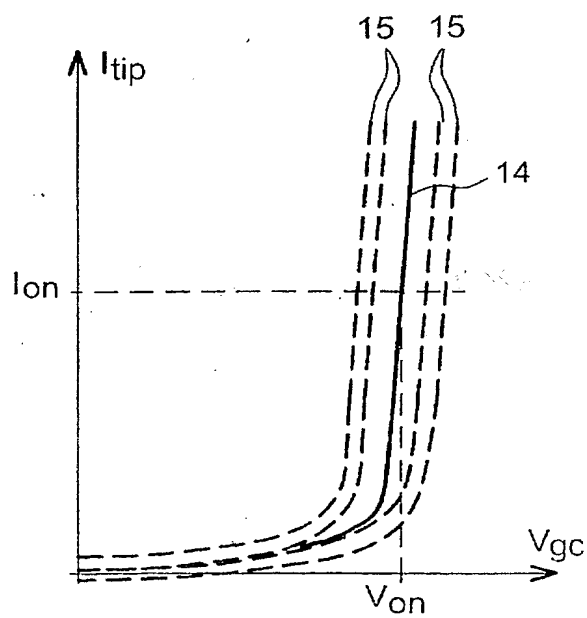


FIG. 1B

FIG. 2



BEST AVAILABLE COPY

2 / 7

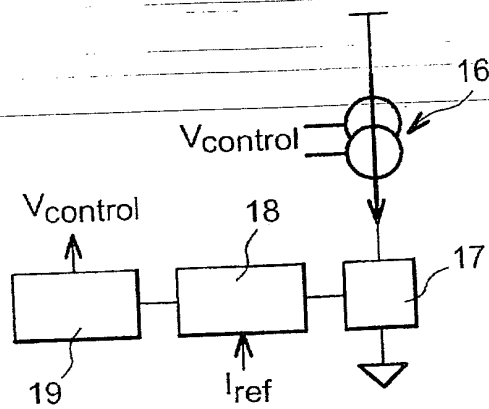


FIG. 3A

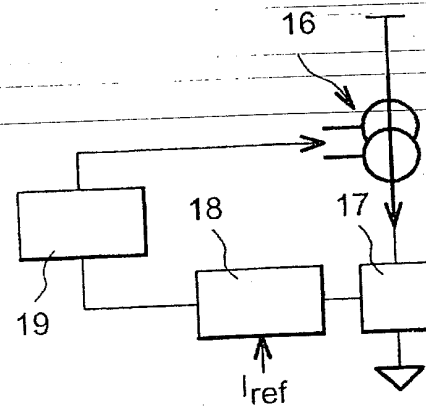


FIG. 3B

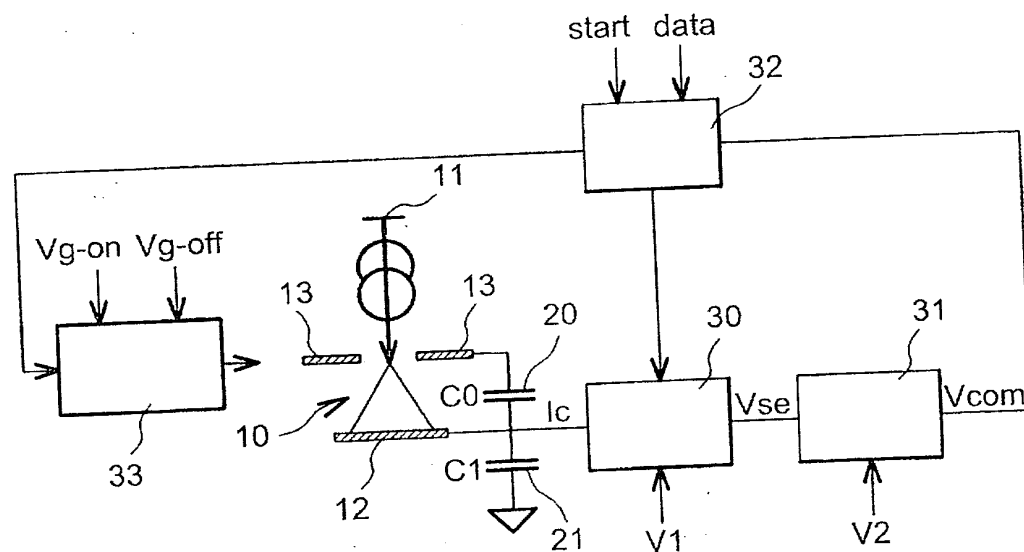


FIG. 4

BEST AVAILABLE COPY

3 / 7

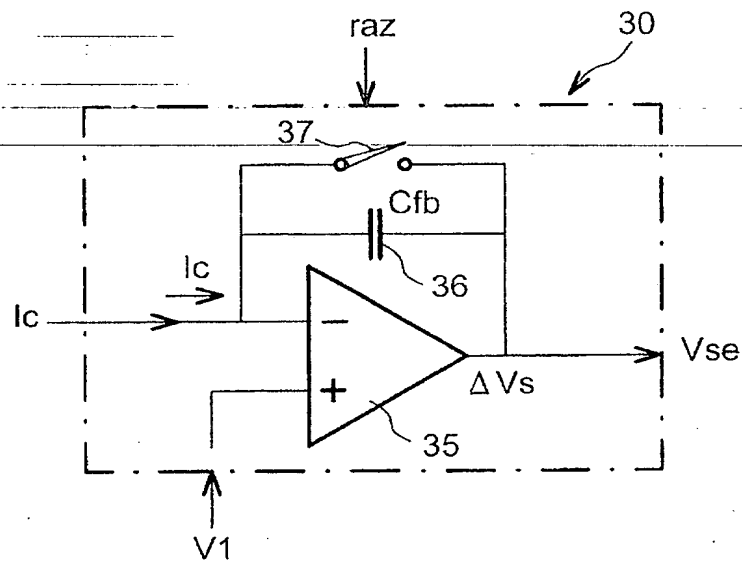


FIG. 5

FIG. 6

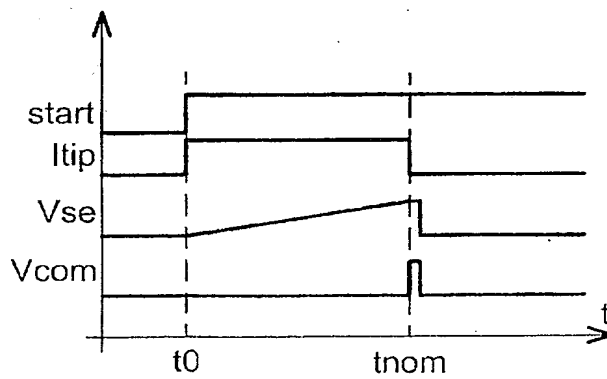
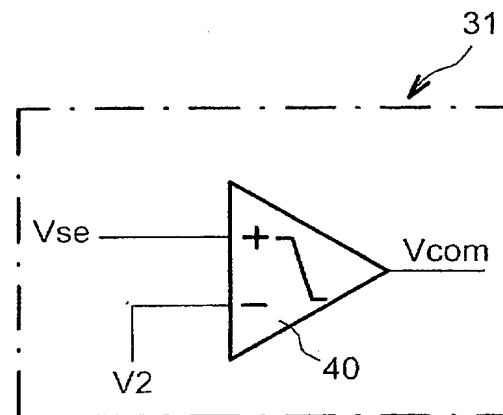


FIG. 7A

BEST AVAILABLE COPY

4 / 7

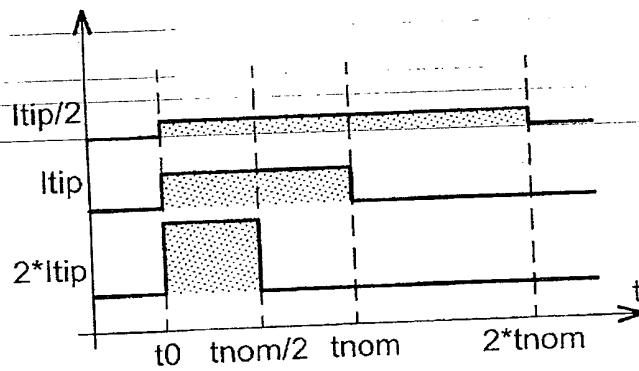


FIG. 7B

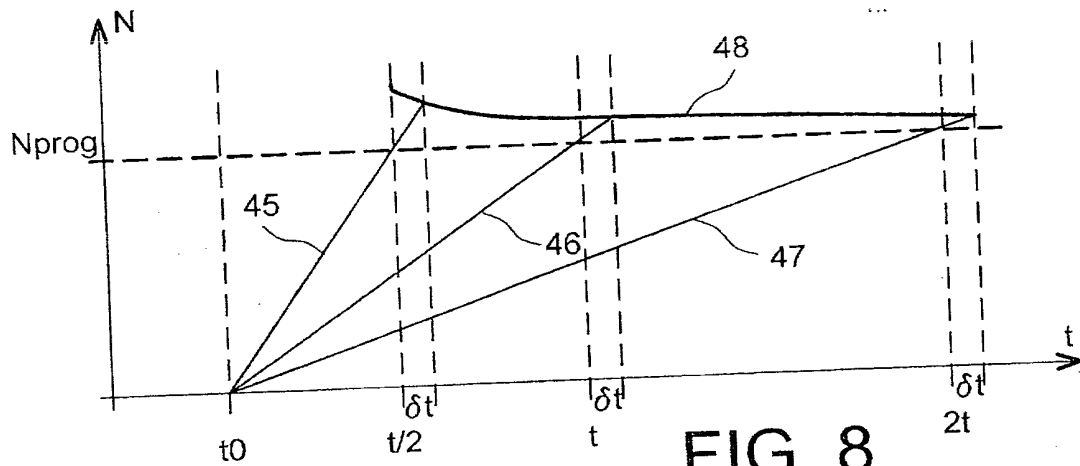


FIG. 8

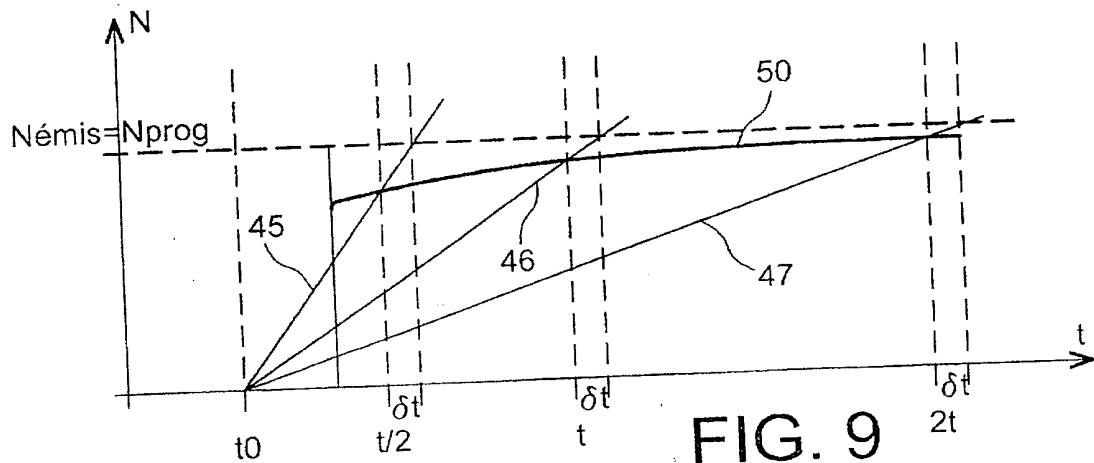
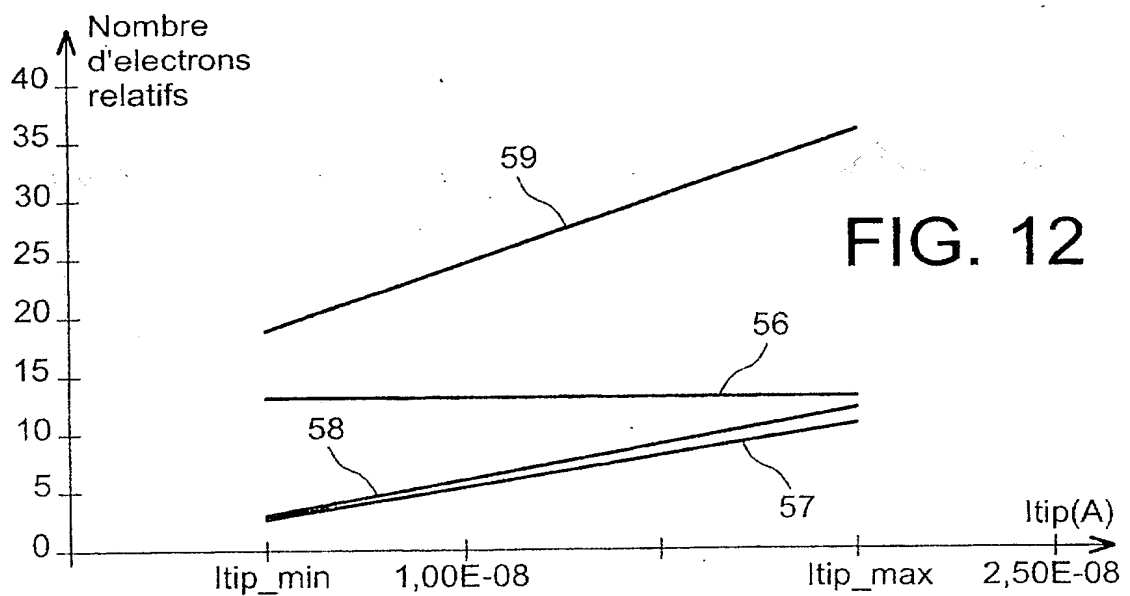
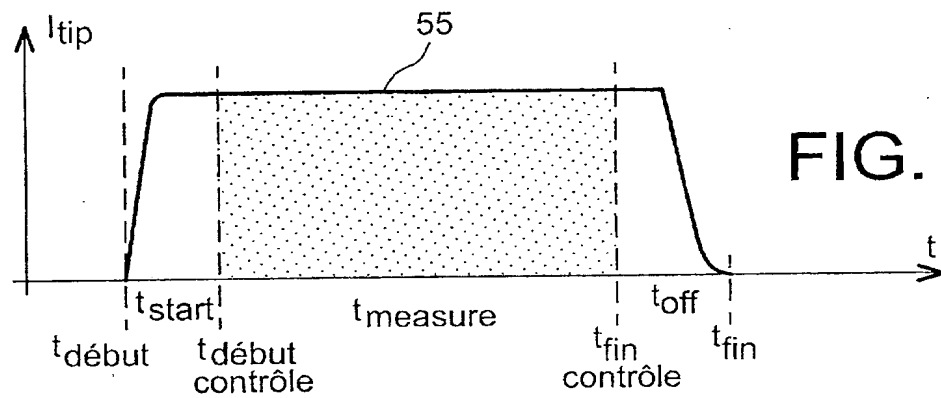
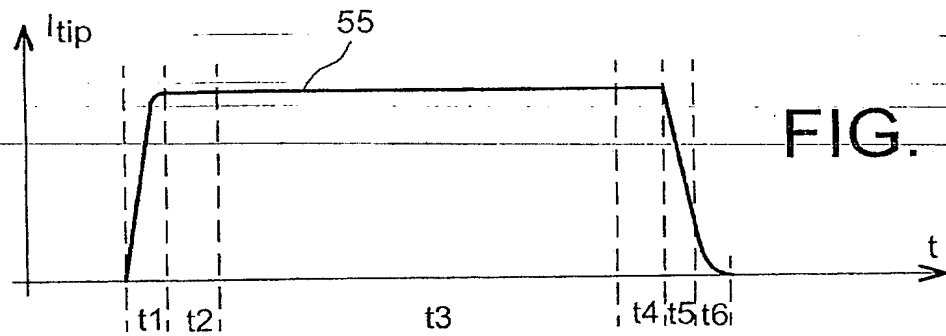


FIG. 9

BEST AVAILABLE COPY

5 / 7



BEST AVAILABLE COPY

6 / 7

FIG. 13A

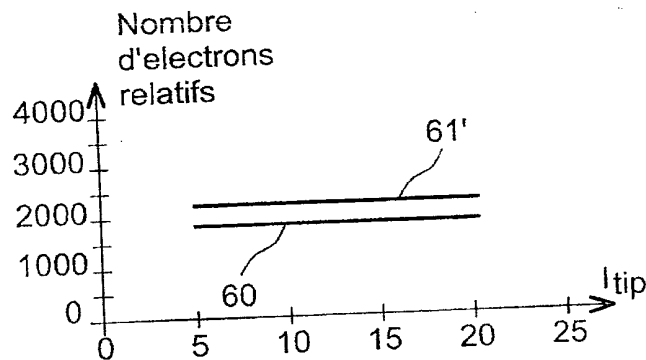
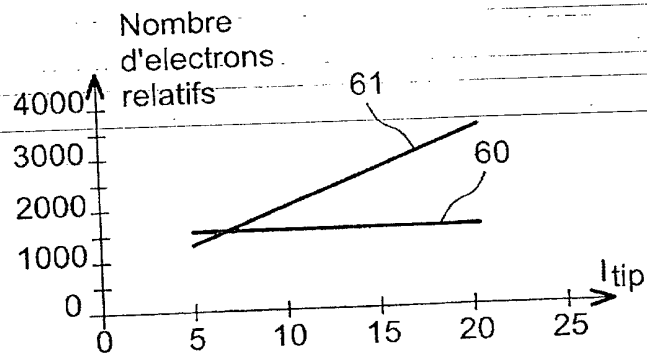
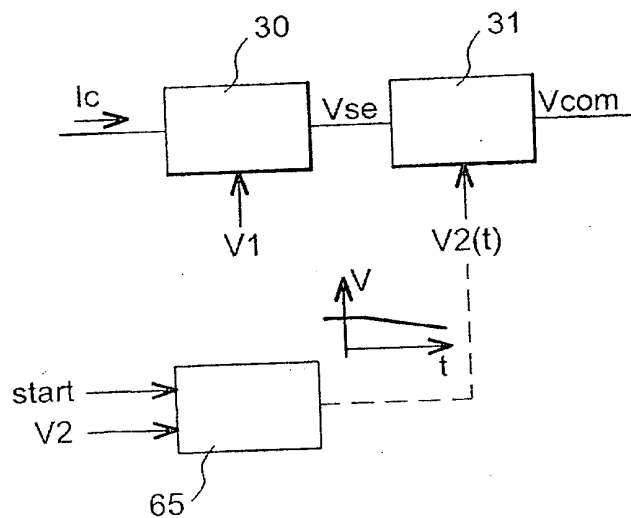


FIG. 13B

FIG. 14



BEST AVAILABLE COPY

7/7

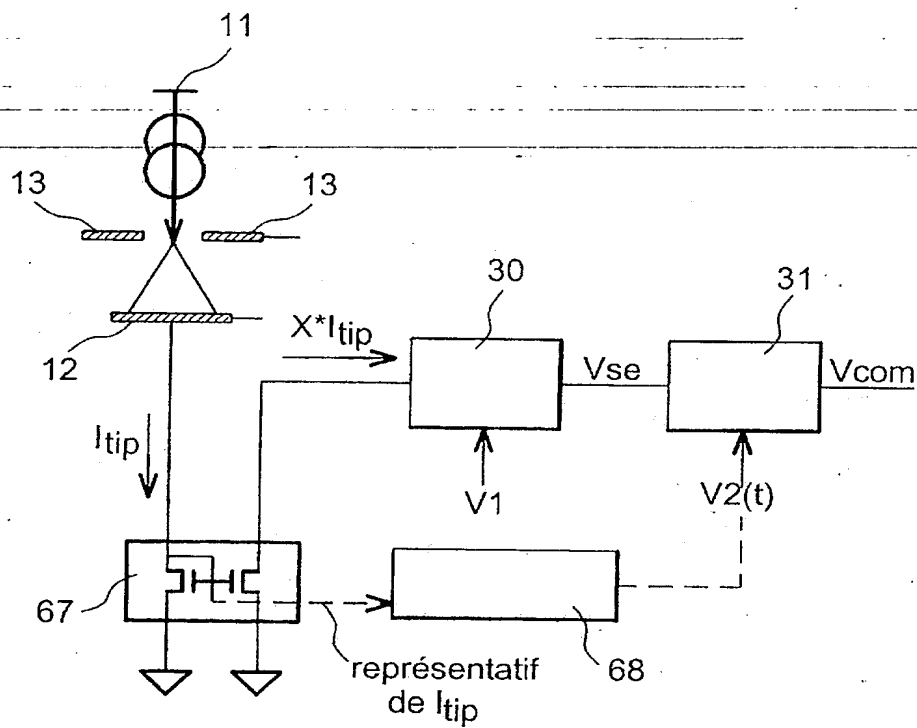


FIG. 15

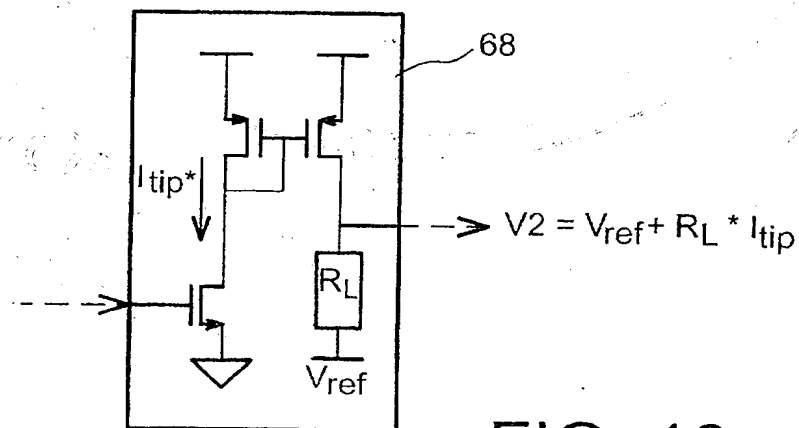


FIG. 16

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**Customer Number**

**22850**

703- 413-3000

DOCKET NO: Z49686US2

INVENTOR: Jean-Luc MARTIN, et al.